

Раздел 12. Описание геоинформационной системы (ГИС) и программного обеспечения, используемых для разработки электронной гидравлической модели работы централизованных систем водоотведения

Для разработки электронной гидравлической модели работы централизованной системы водоотведения города использовалась геоинформационная система и программное обеспечение, разработанные ИВК "Поток" (программный комплекс "CityCom-ГидроГраф").

Сайт компании-разработчика программного обеспечения: <http://www.citycom.ru>

Указанный программный комплекс позволяет:

- получить графическое представление сетей водоотведения с полным описанием топологии;
- выполнить паспортизацию канализационных сетей;
- создать детализированную схему узлов/участков канализационной сети;
- привязать к участкам и элементам сети документы (фото-видео материалы, различные документы);
- выполнить гидравлический расчёт канализационной сети, получить в результате такого расчёта:
 - скорости движения сточных вод по всем участкам сети при заданных расходах стоков и уклонов трубы на каждом участке;
 - необходимые диаметры сетей для обеспечения расчётной пропускной способности сетей;
 - изменения ситуации на сетях при изменении расчётных расходов сточных вод, поступающих в канализационные сети;
 - оценку возможностей подключения новых объектов к конкретному участку канализационной сети.

Далее приведены основные возможности использования программного комплекса CityCom-ГидроГраф. Более подробные сведения можно получить на сайте разработчика программного комплекса.

Базовый комплекс ИГС "CityCom-ГидроГраф"

Базовый комплекс ИГС "CityCom-ГидроГраф" содержит всю функциональность, необходимую для графического представления и описания сетей водоотведения на масштабном или условно-масштабном плане местности, включая базу данных паспортизации водопроводных и канализационных сетей и инструментарий для ввода и корректировки данных. В состав базового комплекса включены также все необходимые виды тематических раскрасок, графических выделений, справочных и отчетных документов, формируемых на основании информации, содержащейся в базе данных паспортизации.

Паспортизация канализационных сетей

В Базовый комплекс входят процедуры технологического ввода, позволяющие корректно заполнить базу данных характеристик узлов и участков канализационной сети. Среди этих характеристик есть как необходимые для проведения гидравлического расчета и решения иных расчетно-аналитических задач, так и чисто справочные - материал колодца, балансовая принадлежность, телефон абонента и т.д.

В рамках каждого информационного проекта имеется собственная классификация типов узлов, состоящая не менее чем из 4 позиций (источники, потребители, колодцы, насосные станции). Количество типов узлов не ограничено, в среднем оно составляет 8-12. Участки канализационной

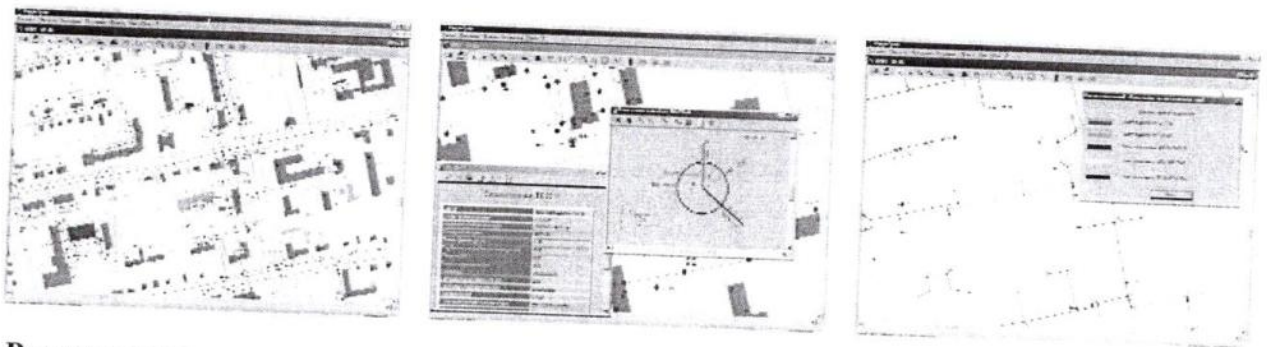
сети, соединяющие смежные узлы, также могут быть классифицированы, например: магистральные водоводы, квартальные и внутридворовые сети.

Для узлов и участков каждого из классифицируемых типов имеется свой набор паспортных характеристик, согласуемых с заказчиком на этапе разработки Технического задания. Паспорт узла или участка может содержать несколько десятков параметров.

Практически все необходимые справочники и технологические классификаторы (материалы труб и камер, виды прокладки, типы арматуры и агрегатов и т.п.) также согласуются с заказчиком и поставляются в составе инструментария, что значительно упрощает и формализует ввод паспортов. Исключение составляют такие параметры, значения которых не могут быть выбраны из классифицированного ряда (договорные нагрузки и лимиты, длины, геодезические отметки и т.п.) и должны заноситься непосредственным заданием в соответствующие поля экранных форм.

Помимо семантической информации об объектах канализационной сети, паспортизация подразумевает и возможность создания графических детализированных схем узлов и участков, содержащих информацию о коммутации трубопроводов внутри узлов, запорной арматуре, привязкам к местности, наличии и расположении технологического оборудования (гидрантов, сальников, компенсаторов и т.п.). Для этой цели служит специализированный графический редактор с набором всех необходимых примитивов. Особенность этого графического редактора состоит в том, что при создании изображения внутренней схемы водопроводного (канализационного) узла он автоматически создает и включает в модель сети топологическую структуру связности второго (вложенного) уровня. Кроме того, имеется возможность одновременной паспортизации технологического оборудования, изображенного на этих схемах.

Имеется возможность включения в паспорта объектов произвольных документов, формат которых поддерживается операционной системой и установленными приложениями, например: фотоизображение объекта, видеофрагмент связанного с объектом события, договор с абонентом и т.п.



Расчет гидравлического режима канализационной сети

При расчёте потокораспределения в канализационной сети на терминальных узлах-выпусках задается расход сточных вод. Гидравлический расчёт выполняется как для напорных, так и для самотечных компонент сети. Канализационные насосные станции описываются полной моделью.

Инструментарий подсистемы включает в себя табличные и графические средства анализа режима водоотведения, полученного в результате гидравлического расчета.

Гидравлический расчет является инструментом имитационного моделирования канализационных сетей. С его помощью возможен ответ на вопрос, что произойдет с гидравлическим режимом при тех или иных штатных или аварийных воздействиях на сеть, а также при различных условиях водоотведения в силу суточной или нерегулярной неравномерности.

Анализ режимов насосных станций

Это графический инструмент, позволяющий оценить гидравлический режим нагруженности водопроводной насосной станции второго подъема (канализационной насосной станции). На графике представлена рассчитанная расходно-напорная характеристика всей совокупности работающих насосных агрегатов, а также графики потребляемой мощности и КПД насосной станции. На расходно-напорной характеристике отмечаются крайние точки рабочей зоны, а также изображается текущее положение рабочей точки (подача насосной станции и создаваемый ею напор). Этот график позволяет наглядно оценить текущий режим загрузки насосной станции с точки зрения величины запаса или "перегруженности" по производительности, КПД и экономичности. Так, если рабочая точка лежит вблизи левой границы рабочей зоны, это свидетельствует о значительной избыточности включенных насосных агрегатов; если же она "прижата" к правому краю рабочей зоны, это означает необходимость включения в работу дополнительных насосных агрегатов в группе.

Как отмечалось выше, совокупная расходно-напорная характеристика рассчитывается на основе паспортных характеристик реальных насосных агрегатов, установленных на станциях второго подъема (КНС), либо характеристик, полученных идентификацией по натурным испытаниям, либо теоретических характеристик, заданных "по двум точкам".

В комплекте инструментария подсистемы гидравлических расчетов поставляется обширная база данных по нескольким сотням видов насосов, используемых в водоотведении. Если у конкретного пользователя встречаются насосные агрегаты, отсутствующие в базе данных "CityCom-ГидроГраф", мы в течение нескольких часов централизованно заносим такие агрегаты в справочник, с тем, чтобы с этого момента и в дальнейшем их характеристики были доступны и другим многочисленным пользователям технологии "CityCom".

Групповые изменения характеристик нагрузок (стоков) абонентов канализационной сети по заданным критериям

В подсистеме гидравлических расчетов имеется специальный инструмент для осуществления массовых изменений характеристик нагрузок потребителей (выпусков) с целью моделирования - таким образом, чтобы при этом не менять паспортные значения нагрузок абонентов канализационной сети.

Групповые изменения характеристик участков сети по заданным критериям

Данный инструмент применим для различных целей и задач гидравлического моделирования, однако его основное предназначение - калибровка расчетной гидравлической модели канализационной сети. Реальная водопроводная сеть всегда имеет физические характеристики, отличающиеся от проектных, в силу происходящих во времени изменений - коррозии и выпадения отложений, отражающихся на изменении эквивалентной шероховатости и уменьшении внутреннего диаметра вследствие зарастания. Очевидно, что эти изменения влияют на гидравлические сопротивления участков трубопроводов, и в масштабах сети в целом это приводит к весьма значительным расхождениям результатов гидравлического расчета по "проектным" значениям с реальным гидравлическим режимом, наблюдаемым в сети. С другой стороны, измерить действительные значения шероховатостей и внутренних диаметров участков эксплуатируемой водопроводной сети не представляется возможным, поскольку это потребовало бы массового вскрытия трубопроводов, что вряд ли реализуемо. Поэтому эти значения можно лишь косвенным образом оценить на основании сравнения реального (наблюдаемого) гидравлического режима с результатами расчетов на гидравлической модели, и внести в расчетную модель соответствующие поправки. В этом, в первом приближении, и состоит процесс калибровки.

Инструмент групповых операций позволяет выполнить изменение характеристик для подмножества участков канализационной сети, определяемого заданным критерием отбора, в частности:

- по всей базе данных;
- по одной из связанных компонент канализационной сети (зоне водоотведения);
- по некоторой графической области, заданной произвольным многоугольником;
- вдоль выбранного пути;

При этом на любой из вышеперечисленных "пространственный" критерий может быть наложена суперпозиция критериев отбора по классифицирующим признакам:

- по виду сетей водоотведения (напорные, безнапорные, хоз. бытовые, ливневые);
- по участкам водопровода (канализации) определенного условного диаметра;
- по участкам определенного способа прокладки, и т.п.

Критерии отбора могут быть произвольными при соблюдении основного требования: информация, на основании которой строится отбор, должна в явном виде присутствовать в паспортных описаниях участков канализационной сети.

Для участков канализационной сети, отобранных по определенной совокупности критериев, можно произвести любую из следующих операций:

- изменение эквивалентной шероховатости;
- изменение степени зарастания трубопровода;
- изменение способа расчета сопротивления.

После проведения серии изменений характеристик участков трубопроводов канализационной сети автоматически производится гидравлический расчет, результаты которого сразу же доступны для визуализации на схеме и анализа.

Поскольку при изменении характеристик участков канализационной сети их паспорта не модифицируются, в любой момент можно вернуться к исходному состоянию модели, определяемому паспортными значениями характеристик участков.

Табличные и графические аналитические инструменты

Наряду с самым востребованным инструментом, - пьезометрическими графиками, - подсистема гидравлических расчетов снабжена большим количеством удобных средств анализа. В частности, следующие:

- ✓ "гидравлическая" раскраска канализационной сети: разными цветами выделяются включенные, отключенные и тупиковые участки сетей;
- ✓ специальные раскраски канализационной сети по значениям различных характеристик гидравлического режима (по скорости, по зонам давлений, по удельным потерям напора на участках, по уровню заполнения и т.п.);
- ✓ графические выделения (выделения цветом или иным способом узлов и/или участков канализационной сети по некоторому критерию), например: потребители с низким напором на вводе, колодцы с "прижатыми" задвижками, участки с превышением заданной скорости потока, участки с контруклоном, участки со скоростью ниже скорости самоочищения и т.п.)
- ✓ расстановка значков-стрелок, указывающих направление движения воды по трубопроводам;
- ✓ подпись на схеме водопровода (канализации) значений расходов по участкам и давлений в узлах сети;
- ✓ произвольные табличные аналитические документы, построенные на исходных данных и результатах гидравлического расчета канализационной сети;

✓ гидравлические справки по отдельным узлам, участкам, источникам, насосным станциям и потребителям водопроводной сети/выпускам канализационной сети;

✓ произвольные запросы и выборки из базы данных, содержащие любые описанные функции от параметров гидравлического режима.

Набор раскрасок, графических выделений и аналитических документов ничем не ограничен, кроме потребностей пользователя и соблюдения общего принципа: группировать, фильтровать и анализировать можно только те данные, которые в явном виде присутствуют в базе данных проекта, либо вычислимы из последних.

Подсистема "Профиль"

Этот инструмент предназначен для автоматического построения продольного профиля трассы трубопроводов вдоль выбранного пути. На графическом документе изображается профиль земной поверхности, линия глубины заложения трубопроводов, геометрические размеры колодцев, другая необходимая справочная информация.

Построению профиля предшествует выбор искомого пути. Для этой цели на схеме сети отмечаются не менее двух узлов, через которые должен пройти выбранный путь. Как правило, для водопроводных сетей, в силу сильной закольцованности, существует более одного пути, соединяющего заданные точки. В этом случае для однозначного определения результата можно указать промежуточные точки, либо изменить критерий поиска пути (это может быть минимизация количества участков, минимизация гидравлического сопротивления либо минимизация суммарной длины). Путь строится программой автоматически, найденный путь "подсвечивается" на экране цветом выделения. В отличие от пьезометрического графика, путь для построения продольного профиля находится программой **без учета состояния запорной арматуры** в узлах коммутации (колодцах).

После выбора требуемого пути одним кликом мыши строится продольный профиль. Состав отображаемой на нем информации, легенда и масштаб представления легко настраиваются пользователем в удобном для него виде.

Подсистема "Зоны канализования" (только водоотведение)

Подсистема позволяет на основании топологической модели сети водоотведения определить дерево стоков (зону канализования) для произвольного узла сети. Эта задача имеет практическое применение при возникновении засоров. Для указываемой на схеме сети точки засора автоматически формируется соответствующая данной точке зона канализования, которая "подсвечивается" графически. Для найденной таким образом зоны могут быть сформированы любые необходимые аналитические отчеты.

Подсистема "Повреждения"

Данный инструмент предназначен для ведения и обработки архива повреждаемости водопроводных и канализационных сетей.

Каждая запись электронного журнала повреждений связана с конкретным участком или узлом сети, изображенным на схеме. При формировании новой записи поврежденный участок (узел) может быть найден и выбран на графическом представлении сети, либо в диалоге - по адресу или иному поисковому критерию. Паспортные данные поврежденного участка (узла) автоматически попадают в журнал повреждений.

По каждому повреждению в журнал заносится набор данных, описывающих как характер самого повреждения, так и сведения о моментах обнаружения и ликвидации. Подсистема автоматически отслеживает состояние записей о повреждениях. Виды повреждений, аварий и неисправностей классифицированы, что, с одной стороны, значительно упрощает ввод, а с другой стороны - дает возможность статистической обработки журнала с выдачей разнообразных отчетов о повреждаемости водопроводных и канализационных сетей.

Повреждения могут быть изображены в графическом виде на схеме сетей специальными условными обозначениями, что обеспечивает визуальную оценку их территориальной распространенности и выявление зон концентрации.

Прямая связь журнала повреждений с базой данных информационного описания сетей водоотведения позволяет не только сформировать отчет о повреждаемости оборудования за любой период, но и легко решать "обратную" задачу: например, для определенного участка получить справку о том, когда и какие на нем имели место аварии, повреждения или неисправности.

Подсистема "Заявки"

Данная подсистема - один из основных элементов "диспетчерской" функциональности ИГС "CityCom-ГидроГраф", одновременно являющийся наиболее естественным средством перманентной актуализации информационной модели канализационной сети.

Одной из основных функций диспетчерской службы является контроль за выполнением плановых и аварийных ремонтно-восстановительных работ на основе журнала (карточек) заявок. В подсистеме "Заявки" реализована технология компьютерного ведения журналов заявок, обеспечивающая следующие основные возможности:

- ✓ значительное упрощение процедур контроля за работами по заявкам (выборка заявок по этапам их "жизненного цикла", просмотр всех заявок по заданному объекту и т.д.);
- ✓ быстрый поиск требуемой заявки с гибко настраиваемым критерием поиска;
- ✓ ведение архива дефектов на сетях водоотведения и выполняемых по заявкам работ на основе формализованного классификатора, с подведением итогов за временной интервал;
- ✓ возможность автоматического формирования разнообразных отчетов по заявкам;
- ✓ графическое отображение мест дефектов на схеме канализационной сети;
- ✓ ведение журнала использования машин и механизмов;
- ✓ ведение журнала работы членов бригады по заявкам;
- ✓ быстрые переходы от журнала заявок к схеме сети и наоборот;

а также другие функции, значительно облегчающие работу диспетчерской службы.

Как видно из перечня функций, подсистема "Повреждения" входит сюда лишь как одна из составных частей, поскольку через механизм диспетчерских заявок проводятся не только работы, связанные с авариями и повреждениями, но и плановые ремонтно-восстановительные и профилактические мероприятия.

Каждая заявка имеет жизненный цикл, включающий несколько этапов от "принятия" до "закрытия" и передачи в архив. На различных эксплуатирующихся предприятиях сами этапы жизненного цикла заявок, а также алгоритм обработки заявки на каждом из них могут отличаться, и это адекватно отражается на функционировании подсистемы.

Практически все события, в результате которых могут измениться существенные данные в паспортах объектов (длины и диаметры трубопроводов, вид прокладки, материал трубопровода, схемы и структуры колодцев и т.п.), непременно находят свое отражение в диспетчерских журналах заявок. По этой причине подсистема "Заявки" де-факто становится инструментом постоянной актуализации информационного описания сетей, что является дополнительным серьезным аргументом в пользу внедрения этой подсистемы наряду с Базовым комплексом ИГС "CityCom-ГидроГраф".